

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **162 297** (13) U1ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[F28F 1/40 \(2006.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса:  
07.09.2017)  
Пошлина: учтена за 2 год с 11.12.2015 по 10.12.2016

(21)(22) Заявка: [2014149588/06](#), 10.12.2014(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
10.12.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.12.2014

(45) Опубликовано: [10.06.2016](#) Бюл. № 16

Адрес для переписки:

620072, г. Екатеринбург, ул. 40 лет  
Комсомола, 10, кв. 31, Микуле Владимиру  
Анатольевичу

(72) Автор(ы):

Микула Владимир Анатольевич (RU),  
Рыжков Александр Филиппович (RU),  
Богатова Татьяна Феокистовна (RU),  
Вальцев Николай Владимирович (RU),  
Желонкин Николай Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н.  
Ельцина" (RU)

(54) ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ТЕПЛООБМЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТ С ВНУТРЕННЕЙ  
ВСТАВКОЙ

## (57) Реферат:

Полезная модель относится к области энергетики и может быть использована в теплообменных и теплопередающих устройствах, размещаемых на стенках топок и предназначенных, преимущественно, для высокотемпературного теплообмена газообразных сред. Технический результат - уравнивание при эксплуатации распределения потоков воздуха в переднем (обращенном к факелу) и заднем (обращенном к обмуровке котла) секторах теплообменного элемента путем перераспределения каналов в секторах для выравнивания скоростей потоков в каналах, образованных соседними пластинами вставки в переднем секторе трубы, и в каналах, образованных соседними пластинами вставки, в заднем секторе трубы. Устройство содержит трубу и плотно прилегающую к ее внутренней стенке вставку, выполненную в виде стержня с радиальными пластинами, угол равномерного радиального размещения которых в заднем диаметрально секторе трубы, обращенном при эксплуатации к облицовке котла, превышает угол их равномерного радиального размещения в переднем диаметрально секторе трубы, обращенном при эксплуатации к факелу. Ось стержня вставки отстоит от оси трубы в вертикальном направлении к заднему сектору трубы на величину, уравнивающую при эксплуатации скорости потоков в каналах переднего и заднего секторов трубы. При смещении оси стержня вставки относительно оси трубы вниз в сторону заднего сектора трубы происходит перераспределение каналов в секторах, что способствует выравниванию скоростей проходящих потоков в каналах, образованных соседними пластинами вставки в переднем секторе трубы, и в каналах, образованных соседними пластинами

вставки, в заднем секторе трубы. Оптимальная величина указанного смещения определяется экспериментальным путем в зависимости от скорости потока на входе устройства, соотношения углов между соседними пластинами в переднем и заднем секторах и других параметров. /1 н.п.ф., 1 з.п.ф., 1 илл./

Полезная модель относится к области энергетики и может быть использована в теплообменных и теплопередающих устройствах, размещаемых на стенках топков и предназначенных, преимущественно, для высокотемпературного теплообмена газообразных сред.

При высоком уровне температур греющей среды с наружной стороны теплообменного элемента (трубы) преобладает теплообмен излучением, а с внутренней стороны - теплообмен радиационно-конвективный. Поэтому для интенсификации высокотемпературного теплообмена применяются средства - внутренние вставки, увеличивающие внутреннюю поверхность теплообмена.

При использовании вставки реализуется следующая схема теплообмена. Газы отдают теплоту стенкам трубы теплообменного элемента, в основном излучением, а труба переизлучает теплоту на вставку, при этом воздух, омывая внутреннюю поверхность трубы и поверхность вставки, получает теплоту конвекцией. В результате повышается температура подогреваемого воздуха и удельное тепловосприятие трубы, а также это позволяет снизить температуру стенок и термические напряжения.

Кроме того, использование вставок в теплообменных трубах, размещаемых на стенках топки воздушного котла, позволяет снизить металлоемкость. Толщина стенки наружной трубы, в случае использования в воздушных котлах, рассчитывается на разницу давлений воздуха и продуктов сгорания в десятки бар, а внутренняя вставка окружена со всех сторон воздухом с одним давлением и, не испытывая значительных механических напряжений, может иметь минимальную толщину.

При температуре продуктов сгорания порядка 1400°C для обеспечения допустимой температуры стенки трубы лучевоспринимающая поверхность вставки должна превышать внутреннюю поверхность гладкой трубы более чем в 5 раз. Этот факт исключает возможность использования для высокотемпературного теплообмена подавляющей части известных конструкций со вставками, например, труб с отстоящими от их стенок вставками в виде спиральных ленточных завихрителей (RU 2147110, 27.03.2000; RU 1223019, 30.03.1986; RU 1025988, 30.06.1983).

Известны конструкции теплообменных трубок со вставками, позволяющими увеличить внутреннюю поверхность теплообмена, по патентам US 2013216444 (A1), 2013.02.14. и WO 2013/122508 A1, 2012.02.17. Однако при развитой внутренней поверхности вставок они обладают общим недостатком, из-за наличия в пластинах вставок дополнительных элементов (поперечные ребра или изгибы), создающих области, затененные от излучающей поверхности трубы.

Известна теплообменная труба с внутренней вставкой по патенту GB 2280256, 25.01.1995, которая имеет трубчатый корпус и размещенную в нем вставку, выполненную из радиальных пластин, соединенных в центре. Пластины имеют спиральную форму вдоль всей длины вставки, периферийные утолщения пластин позволяют увеличить площадь контакта между вставкой и трубным корпусом, а для дополнительной турбулизации потока на пластинах выполнены выступы.

Известная конструкция предназначена для использования при конвективном теплообмене. В случае использования трубы, имеющей равномерное размещение пластин по периметру, в качестве теплообменного элемента на стенках топки, тепловое излучение будет распределяться неравномерно, т.е. передний диаметральный сектор трубы, обращенный к факелу, будет получать больше теплового излучения, чем задний сектор, обращенный к обмуровке котла. В результате этого не оправдано завышается металлоемкость конструкции, увеличивается неравномерность температуры стенки трубы по периметру, что снижает надежность устройства, в котором «лишние» пластины создают дополнительное аэродинамическое сопротивление, требующее дополнительных затрат электроэнергии. Кроме того, выступы, повышая металлоемкость конструкции, не увеличивают лучевоспринимающую поверхность, поскольку закрывают часть поверхности радиальных пластин.

Известна теплообменная труба с внутренней вставкой по патенту JP 2004279021 (A), 07.10.2004, содержащая трубный корпус, к внутренней стенке которого плотно прилегает вставка, выполненная из равномерно размещенных по периметру радиальных продольных пластин, соединенных стержнем, ось которого расположена по оси трубы.

В указанной конструкции отсутствуют элементы, затеняющие лучевоспринимающую поверхность пластин, однако плотность размещения пластин по периметру трубы тоже равномерная. Поэтому при использовании устройства для высокотемпературного теплообмена в топках, ему присущи те же недостатки, а главное, невозможность обеспечить эффективный теплообмен из-за не равномерного распределения теплового излучения.

Наиболее близким аналогом, принятым за прототип, является теплообменная труба с внутренней вставкой по патенту RU 137358, 28.08.2013, имеющая установленную в трубе вставку из радиальных продольных пластин, связанных по оси трубы стержнем, и плотно прилегающих к внутренней стенке трубы. При этом плотность размещения пластин в диаметрально противоположных секторах трубы различна. В переднем секторе, обращенном к факелу, плотность пластин выше, чем в заднем секторе, обращенном к обмуровке.

Недостатком прототипа является то, что поток воздуха неравномерно распределяется между каналами, образованными соседними пластинами, в переднем секторе трубы, и каналами, образованными соседними пластинами, в заднем секторе трубы. Поэтому скорость движения воздуха и интенсивность теплоотдачи в переднем секторе будет меньше, чем в заднем секторе.

Задача, положенная в основу полезной модели, заключается в снижении неравномерности интенсивности теплоотдачи и температур по всему периметру трубы без увеличения металлоемкости конструкции.

Технический результат заключается в уравнивании распределения потоков воздуха при эксплуатации в переднем и заднем секторах теплообменного элемента путем перераспределения каналов в секторах для выравнивания скоростей потоков в каналах, образованных соседними пластинами вставки в переднем секторе трубы, и в каналах, образованных соседними пластинами вставки, в заднем секторе трубы.

Указанный технический результат достигается тем, что в высокотемпературном теплообменном элементе с внутренней вставкой, содержащем трубу и плотно прилегающую к ее внутренней стенке вставку, выполненную в виде стержня с радиальными пластинами, угол равномерного радиального размещения которых в заднем диаметрально секторе трубы, обращенном при эксплуатации к обмуровке котла, превышает угол их равномерного радиального размещения в переднем диаметрально секторе трубы, обращенном при эксплуатации к факелу, согласно полезной модели, ось стержня вставки смещена относительно оси трубы в вертикальном направлении к заднему сектору трубы на величину, уравнивающую при эксплуатации скорости потоков в каналах переднего и заднего секторов трубы.

При смещении оси стержня вставки относительно оси трубы вниз в сторону заднего сектора трубы происходит перераспределение каналов в секторах, что способствует выравниванию скоростей проходящих потоков в каналах, образованных соседними пластинами вставки в переднем секторе трубы, и в каналах, образованных соседними пластинами вставки, в заднем секторе трубы. Оптимальная величина указанного смещения определяется экспериментальным путем в зависимости от скорости потока на входе устройства, соотношения углов между соседними пластинами в переднем и заднем секторах и других параметров.

Сущность устройства поясняется примером выполнения высокотемпературного теплообменного элемента с внутренней вставкой, имеющей шесть радиальных пластин, и сопровождающим чертежом общего вида сбоку.

Устройство содержит трубу 1, в которой вплотную к ее внутренним стенкам размещена вставка, состоящая из стержня 2 с радиальными пластинами 3, условно делящими трубу на две части: передний сектор 4, состоящий из четырех каналов 5, образованных соседними пластинами, и задний сектор 6, состоящий из двух каналов 7, образованных соседними пластинами. В переднем секторе 4 под равными углами  $45^\circ$  размещены три пластины, а в заднем секторе 6 под углами  $90^\circ$  - одна пластина. Ось стержня 2 смещена относительно оси трубы 1 по вертикали вниз - к заднему сектору 6 на величину  $\Delta$ , при которой скорости потоков в каналах 5 и 7 будут максимально близкими. Величина  $\Delta$  определяется экспериментальным путем и зависит, в основном, от скорости потока на входе устройства и соотношения углов между соседними пластинами в переднем и заднем секторах.

Высокотемпературный теплообменный элемент с внутренней вставкой устанавливают в топке так, чтобы передний сектор 4 с большим количеством каналов 5 был обращен к факелу, а задний сектор 6 с меньшим количеством каналов 7 - к обмуровке 8 топки. При этом средняя пластина заднего сектора 6, имеющая наименьшую ширину по сравнению с другими пластинами в результате смещения оси стержня, располагается перпендикулярно к поверхности обмуровки 8. В результате того, что пластины 3 в переднем секторе 4, обращенном к факелу, размещены более

плотно, чем пластины 3 в заднем секторе 6, обращенном к обмуровке 8 котла, а ось стержня 2 смещена от оси трубы 1 по вертикали в сторону заднего сектора 6, при эксплуатации устройства обеспечивается выравнивание скоростей потоков в каналах, образованных соседними пластинами вставки в переднем секторе трубы, и в каналах, образованных соседними пластинами вставки, в заднем секторе трубы.

Теплообмен при использовании устройства осуществляется следующим образом.

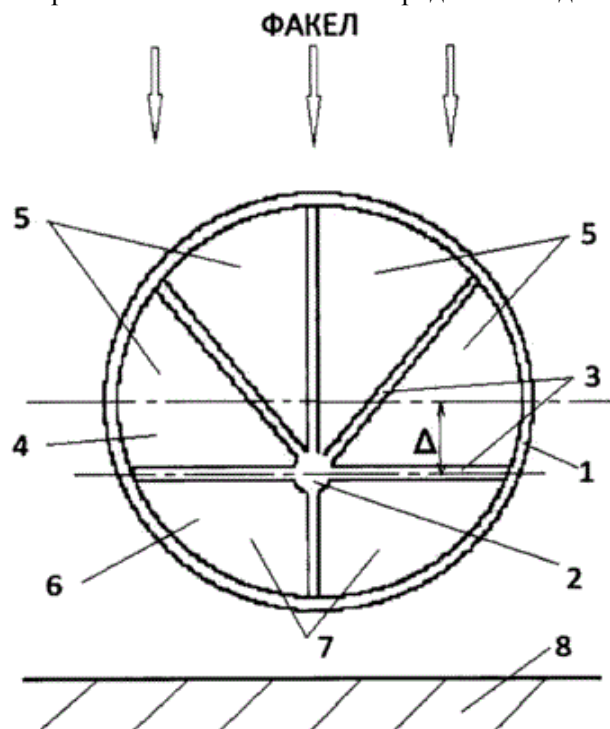
Как правило, в котле размещают ряд теплообменных элементов. Тепловое излучение от факела делится на части, первая из которых попадает на обращенные к факелу передние сектора труб с большим количеством пластин, а оставшая часть, проходя в зазор между элементами, попадает на обмуровку, являющуюся тепловой изоляцией котла. Тепловой поток, попавший на обмуровку, в свою очередь делится еще на две части, первая из которых через обмуровку уходит в окружающую среду, а вторая попадает на задние сектора труб, обращенные к обмуровке. Доля теплового потока, попадающего на задние сектора труб с меньшим количеством пластин, зависит, в основном, от расстояния между соседними элементами и степени черноты их труб и обмуровки. Однако величина этого теплового потока будет всегда ниже теплового потока, попадающего на передний сектор трубы с большим количеством пластин, поскольку температура на внутренней поверхности обмуровки всегда ниже, чем у факела.

Интенсивность лучистого теплообмена с внутренней поверхности труб определяется количеством и шириной пластин (или суммарной площадью поверхности пластин) в соответствующем секторе. Поскольку скорости движения потока в каналах переднего и заднего секторов выровнены, то и интенсивность конвективного теплообмена с внутренней поверхности труб в этих секторах примерно одинакова.

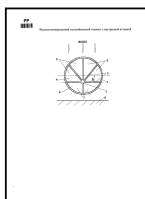
Предлагаемая конструкция высокотемпературного теплообменного элемента с внутренней вставкой, по сравнению с прототипом, обеспечивает снижение неравномерности теплоотдачи и неравномерности температур по всему периметру устройства при той же его металлоемкости.

#### Формула полезной модели

Высокотемпературный теплообменный элемент с внутренней вставкой, содержащий трубу и плотно прилегающую к ее внутренней стенке вставку, выполненную в виде стержня с радиальными пластинами, угол равномерного радиального размещения которых в заднем диаметрально секторе трубы превышает угол их равномерного радиального размещения в переднем диаметрально секторе трубы, отличающийся тем, что ось стержня вставки смещена относительно оси трубы в вертикальном направлении к заднему сектору трубы на величину, уравнивающую скорости потоков в каналах переднего и заднего секторов.



## ФАКСИМИЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

**Реферат:****Описание:****Рисунки:**

## ИЗВЕЩЕНИЯ

**ММ1К Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

Дата прекращения действия патента: **11.12.2016**

Дата внесения записи в Государственный реестр: **01.09.2017**

Дата публикации и номер бюллетеня: [01.09.2017](#) Бюл. №25